



TITLE:

Advanced Modeling Techniques for high performance and human centered LED lighting system( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Ni, Junxiong

---

CITATION:

Ni, Junxiong. Advanced Modeling Techniques for high performance and human centered LED lighting system. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20378>

RIGHT:

京都大学	博士（工 学）	氏名	俣 俊雄
論文題目	Advanced Modeling Techniques for high performance and human centered LED lighting system（高性能 LED 照明システム開発のための高度モデリング技術に関する研究）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>近年、発光ダイオード（LED）を用いた 高性能ディスプレイの研究やユーザー指向の照明シミュレーションは、コンピュータ支援設計として多くの研究分野で注目されている。LED は、高度な照明や大規模ディスプレイだけでなく他の分野でも使われている。その中でも発光効率の高い LED のシミュレーションは、照明システムにおけるパラメータ変更による影響を理解するために重要な役割を果たす。</p> <p>従来の光学のモデリングとシミュレーション技術は、ある特定のソフトウェアに依存しており、これらのソフトウェアは、単一の分野による使用を前提としている。そのため、 光学に関わる学際的な研究を行う多くの研究者が、他分野のモデリングやシミュレーションを行うのは難しかった。本研究では、LED 照明システムの抱える諸問題の解決に資するべく、光学や、機械設計、建築設計などの様々な研究分野を基にした複数のソフトウェアを利用して、照明システムをモデル化し、そのシミュレーション計算を行った。これらのモデリング技術は、高性能でユーザー中心という 2 点に焦点を当てた新しい照明システムの提案にも利用された。本論文は、以下の 6 章から構成されている。</p> <p>第 1 章では、研究背景について述べ、照明システムにおける性能とユーザ指向性の向上に関する現状とその問題点について説明している。最後に、本論文の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では、研究対象を明確にするため、LED 向け応用分野について、高性能化と安全の観点で、関連研究について説明している。</p> <p>第 3 章では、高性能ディスプレイとして、多層のレイヤーのバックライトモデリング技術を提案する。このバックライトシステムは、LED を使用して限られたスペースでの光束を改善し、省電力に貢献することができる。既存の表示装置用の単層の LED パネルでは光束が不十分であるが、LED 基盤は不透明であるため多層にしてエネルギーを上げることはできない。本論文では、この問題を解決するために、新しい空間多重 LED バックライトシステムを提案する。提案システムでは、LED パネルとレンズの穴は、 リアパネルの LED の放射光をフロントパネルへ放射する。その結果、単層の場合よりも高い光出力を得ることができる。このモデルの有用性を検証するために、モンテカルロレイトレーシング技術を用いた光学ソフトウェアを用いて、透過光線と非透過光線を計算し、空間内の照度のシミュレーションを行った。また、その結果を通常の LED バックライトシステムと比較を行い、提案システムが高出力を実現するために有効であることを示した。この新しいバックライトシステムは、マサチューセッツ工科大学で開発された複層液晶ディスプレイを用いた 3 次元テレビや、太陽光下において利用される携帯端末のように、屋外光環境で使用される液晶付き端末などへの活用が期待される。異なるパラメータで、モンテカルロレイトレーシングシミュレーションを実施し、照度分析並びに色表現に関する評価実験を行うことにより、本研究で提案した手法の有効性を実証することができた。</p> <p>第 4 章では、ユーザー指向の照明システムの実現に向けて、ブルーライトによる人間の目への悪影響を減らすバックライトシステムを提案する。このシステムは、ディスプレイの色表現を保ったまま、LED によるブルーライトの悪影響を減らすことができる。LED はディスプレイ装置の光源として広く使われているため、ブルーライトによる目への深刻な</p>			

京都大学	博士（工 学）	氏名	倪 俊雄
<p>影響は、多くの研究者や製造業者に認識されている。製造業者の多くは 対策を講じているが、その対策のほとんどは、実現が容易でコストがかからないソフトウェア技術によってブルーライトを減らすことに重点が置かれている。しかし、いくつかの製造業者は、色性能を維持するためにハードウェア技術によるブルーライトの削減を提案している。本論文では、ブルーライトをハードウェアで削減する新しい方法を提案した。ハードウェア及びソフトウェアで削減する方法について、数値計算による比較評価を行った。提案システムでは、元の白色 LED から青色帯のエネルギーを 50%削減するように変更し、白色 LED の間にシアン LED を追加した。次に、ブルーライトによる悪影響を減らすために LED のエネルギー分布を最適化して、同時に良好な色性能を実現した。解析結果は、シアンの LED を追加することにより、提案したシステムがブルーライトの影響の低減と色性能の維持を同時に実現することを示した。</p> <p>第 5 章では、ユーザー指向の照明システムの実現に向けて、ハイビームランプに関する出力と色温度に関する光透過率研究結果を示す。ハイビームランプに反射シート加えることで、エネルギー効率を改善できることを提案する。光束と照度のシミュレーション結果によって、提案手法が特定の照明距離において有効であることを証明した。別のシミュレーション実験では、視認性の悪い悪天候下での異なる色温度のハイビームの光透過率を解析した。霧が発生している天候での実際のデータと、そのデータを基に視認性の低い濃霧のデータを作成し、シミュレーションに使用した。解析から、濃霧条件において色温度が低いハイビームは、色温度が高いハイビームよりも効率が高いことを示した。以上の結果を踏まえて、好天候時に高い色温度を用い、悪天候時低い色温度を使用することができる、二種類の色温度を変更可能なハイビームライトを提案する。</p> <p>第 6 章では、多層のレイヤーのバックライトモデリング技術を使った車載用ヘッドランプに関する設計案を示す。ヘッドランプの出力は、豪雨、霧などの悪条件では、運転者にとって十分なものではなかった。これは、これまで極端気象現象を考慮したヘッドランプ設計が行われてこなかったことが一因である。この問題を解決するには、ヘッドランプ設計において、さまざまな気象条件の検討を行う必要がある。しかし、実環境を利用した設計案の評価実験は困難である。この問題を解決するために、光学シミュレーションを利用したヘッドランプの設計を行った。本シミュレーションの有用性を確認するために、提案するヘッドランプ設計案を光学設計の専門家に評価してもらい、「今後の、設計の重要観点として検討したい」という講評を得た。その結果、仮想的に気象条件を変化させながら、ヘッドランプ設計案評価を実現できる可能性があることを確認した。</p> <p>第 7 章では、結論として、各章で得られた成果を要約し、残された今後の課題について述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、発光ダイオード(LED)を用いた照明システム設計における問題を解決するための新しいモデリング手法に関する研究の成果を取りまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 高出力・省電力の観点では、LED基板を多層にすることが望ましいとされていたが、LED基板は不透明であるため、現実には多層にすることができなかった。この課題を解決するために、LED基板に穴をあけ、視点から見て後方のLED基板からの光を前方へ放射するようにした。本提案手法の有用性を検証するために光学シミュレーション技術を利用し、LED基板の層数に応じた出力が得られていることを確認した。
2. LED表示システムにおいて、人間の眼に悪影響を及ぼすブルーライトを低減すると、色性能が劣化する傾向にある。この問題を解決するために、白色LEDの青色帯エネルギーを50%削減し、シアンLEDを追加する表示システムを提案した。本提案手法の有用性を検証するために光学シミュレーション技術を利用し、提案したシステムがブルーライトの影響の低減と色性能の維持を同時に実現することを示した。
3. これまで、車載LEDハイビームシステムでは、天候の状況に関わらず、固定の色温度による照明を行っており、エネルギー効率上問題があることが指摘されていた。この課題を解決するために、ハイビームランプ付近に反射シートを設置するデザインを提案した。本提案手法の有用性を検証するために光学シミュレーション技術を利用し、好天候時に高い色温度を用い、悪天候時に低い色温度を使用することにより、エネルギー効率が改善することを示した。

以上の研究成果は、LEDを用いた照明システム研究開発の問題に対して、高性能化・ユーザ志向という2つの観点に着目し、LED基板多層化、シアンLED活用、および反射シート活用などのアプローチを用いた問題解決についての新たな知見を与えたものであって、学術的・産業的な貢献は大きいと評価され、本論文は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年2月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。